

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PANEL SOLAR EN LA UT DE ALTAMIRA

Julio César Martínez Gámez

Universidad Tecnológica de Altamira

jmartinez@utaltamira.edu.mx

José Luis Ocampo Casados

Universidad Tecnológica de Altamira

josecasados@hotmail.com

José Genaro González Hernández

Universidad Tecnológica de Altamira

jjgh77@hotmail.com

Edgar Uxmal Maya Palacios

Universidad Tecnológica de Altamira

uxmalmaya@hotmail.com

Resumen

Las fuentes de energías alternativas han sido desaprovechadas por años. En la última década muchos países han sustituido la energía eléctrica convencional por la energía solar, desarrollando tecnologías para su aprovechamiento, ya que dicha energía ayuda a mejorar la eficiencia energética y a reducir la contaminación ambiental. La presente investigación trata del diseño e instalación de un panel solar fotovoltaico en la UT de Altamira, para una luminaria en el acceso principal, con este tipo de sistema se pretende mostrar cómo implementar la utilización de paneles fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica. Entre las ventajas están: su simplicidad y fácil instalación, mínimo mantenimiento, fiabilidad, silencioso, no contaminante y con una vida útil de 30 años.

Palabras clave: Ahorro energético, desarrollo sustentable, eficiencia, panel solar.

Abstract

The alternative energy sources have been missed for years. In the last decade many countries have replaced the conventional electric power for solar energy, developing technologies for its use, such energy helps improve the energetic efficiency and reduces environmental pollution. The research is about the design and installation of the photovoltaic solar panel at UT of Altamira, for a luminary at the main access, with this type of system the intention is to show how to implement the use of photovoltaic panels for the generation of electric power. Some of the advantages are: Its simplicity and easy installation, minimum maintenance, reliability, silent, non-polluting, and with a useful life of 30 years.

Keywords: *Energetic saving, sustainable development, efficiency, solar panel,*

1. Introducción

Como factor principal de nuestra investigación podemos decir que el sol es el centro de nuestro sistema planetario y todos los planetas, describen sus órbitas en torno a él. Su distancia a la Tierra es de 149.6 millones de kilómetros. La energía solar es la energía radiante producida en el sol, como resultado de reacciones nucleares de fusión que llegan a la Tierra a través del espacio en paquetes de energía llamados fotones (luz), que interactúan con la atmósfera y la superficie terrestre.

Orbegozo y Arivilca (2010), señalan que la energía solar es la fuente principal de vida en el planeta: dirige los ciclos biofísicos, geofísicos y químicos que mantienen la vida en la Tierra, los ciclos del oxígeno, del agua, del carbono y del clima. Suministra alimentos mediante la fotosíntesis y es la energía del sol la que induce el movimiento del viento, del agua y el crecimiento de las plantas, partiendo de esta base, la energía solar es el origen de la mayoría de las fuentes de energía renovables.

Enseñat y Martínez (2007), afirman que la fuente más abundante de energía renovable es el sol. La tierra es constantemente abastecida de energía solar, que es usada por la plantas para crecer y desde hace algún tiempo por las personas para generar electricidad entre muchos otros usos.

Según Orbegozo y Arivilca (2010), cuando hablamos de energías alternativas, debemos tener claro que son alternativas a los combustibles fósiles tales como: el petróleo, gas natural, carbón mineral, etc. La energía basada en los combustibles fósiles tiende a generar problemas tanto en su extracción como en su uso, a saber, primero, con el tiempo los combustibles fósiles comienzan a agotarse hasta acabar con sus yacimientos, segundo, su uso provoca un impacto ambiental bastante fuerte, provocando un deterioro en la flora y la fauna. La energía solar está avanzando rápidamente en su tecnología, ya que se usan paneles solares: monocristalinos, holocristalinos, amorfos y de micro estructura (Cobre, Indio, Galio y Selenio) lo que la convierte en una de las soluciones ideales para la creciente demanda de energía en nuestro país y en el mundo.

Marco teórico

Según Arena y Zapata (2011), se define como energía solar fotovoltaica al proceso de obtención de energía eléctrica por medio de paneles fotovoltaicos. Los módulos fotovoltaicos están conformados por dispositivos semiconductores, los cuales al recibir radiación solar mediante un proceso químico se excitan y provocan saltos electrónicos; esto se conoce como efecto fotoeléctrico. Al producirse este fenómeno se genera una pequeña diferencia de potencial en sus extremos. El acoplamiento en serie de varios de estos fotodiodos permite la obtención de voltajes mayores en configuraciones muy sencillas para el uso de pequeños dispositivos electrónicos. Es decir, cuando estos electrones son capturados, el resultado obtenido es una corriente eléctrica continua que puede ser aprovechada y transformada en corriente alterna, y así ser inyectada a la red eléctrica o sistema interconectado.

El atractivo de las tecnologías fotovoltaicas es potente, pues se trata de equipos silenciosos y confiables que son totalmente amigables con el medio ambiente y pueden durar más de tres décadas. Además, tienen muy bajos costos operacionales y de mantenimiento, puesto que no poseen partes móviles ni requieren de ningún insumo a excepción de la luz solar.

Su gran inconveniente son los aún altos costos por KiloWatt (kW) de potencia, es decir la inversión inicial es alta, pero su costo operativo o de mantenimiento a lo largo de su vida útil es mínimo. Teniendo en cuenta experiencias de otros países podemos decir que en 1994 Japón fue el primer país que fomentó el equipamiento de las viviendas y las industrias con generadores fotovoltaicos para la generación de energía eléctrica alternativa a partir de energía solar. Alemania le siguió los pasos, con su plan para lograr 100,000 techos solares en base a un programa de subsidios que fue implementado en 2004, por una ley llamada ley de Fuentes de Energía Renovable (EEG). La EEG busca conectar la micro generación de energía solar a la red interconectada del país, en lugar de promover la autonomía energética a nivel de cada vivienda; esto obliga a los operadores de red a adquirir la electricidad proveniente de energía solar pagando tarifas más bajas que resultan más favorables y están garantizadas por un periodo de tiempo considerable.

Un sistema fotovoltaico, que se adecua perfectamente a los objetivos iniciales de nuestro proyecto es aquel que produce energía eléctrica directamente de la radiación solar. La función básica de convertir la radiación solar en electricidad la realiza el módulo fotovoltaico. La corriente producida por el módulo fotovoltaico es corriente continua a un voltaje que generalmente es de 12 V (Volts), dependiendo de la configuración del sistema puede ser de 24 ó 48 V.

Arena y Zapata (2011) señalan que “la energía eléctrica producida en este tipo de instalación se almacena en baterías, para que pueda ser utilizada en cualquier momento, y no sólo cuando está disponible la radiación solar. Esta acumulación de energía debe estar dimensionada de forma que el sistema siga funcionando incluso en periodos largos de mal tiempo y cuando la radiación solar sea baja (por ejemplo, cuando sea un día nublado)”. De esta forma se asegura un suministro prácticamente continuo de energía. Cuenta además con un regulador de carga, que es el componente responsable de controlar el buen funcionamiento del sistema evitando la sobrecarga y descarga de la batería, proporcionando alarmas visuales en caso de fallas del sistema. Así se asegura el uso eficiente y se prolonga su vida útil.

La preparación e instalación del sistema es sencilla y fácil, sin restricción en cuanto a lugares o zonas, pudiendo utilizarse en cualquier punto del país, principalmente en regiones con mayor radiación solar. México se encuentra dentro de la franja del cinturón solar, que es una serie de países (60 en total) que perciben mayores cantidades de radiación solar, ubicados entre los trópicos de Cáncer y de Capricornio; por ello, figura entre los tres países con mayor energía de este tipo, sólo después de China y Singapur -después están Australia y la India. Curiosamente, los países que más han invertido en generar energía solar son naciones que no necesariamente cuentan con recursos desbordantes de este tipo, tales como Alemania, España o Italia. Según la Secretaría de Energía se estima que el potencial solar bruto del país es de 5KWh/m² diarios, lo que corresponde a 50 veces la generación eléctrica nacional. Los techos de las viviendas en el territorio nacional reciben la suficiente energía solar como para producir hasta 200 veces la cantidad que consumen. Alemania, con una radiación de apenas 3.2KWh/m², es uno de los líderes en explotación de energía solar, a pesar de no figurar entre los países con mayores oportunidades para aprovechar esta energía. Según el presidente de la Asociación Nacional de Energía Solar (ANES), Vicente Estrada, en México no existe un registro o datos estadísticos que revelen cuánta energía se produce con sistemas solares.

¿Cómo se genera electricidad con energía solar fotovoltaica?

La energía solar se transforma directamente en electricidad mediante células fotovoltaicas. Este proceso se basa en la aplicación del efecto fotovoltaico, que se produce al incidir la luz sobre unos materiales denominados semiconductores. Se genera un flujo de electrones en el interior del material que puede ser aprovechado para obtener energía eléctrica.

Un panel fotovoltaico, también denominado módulo fotovoltaico, está constituido por varias células fotovoltaicas conectadas entre sí y alojadas en un mismo marco. Las células fotovoltaicas, por lo general de color negro o azul oscuro, se conectan en serie, paralelo o serie-paralelo, en función de los valores de tensión e intensidad deseados, formando los módulos fotovoltaicos.

El mercado engloba una gran cantidad y variedad de módulos fotovoltaicos: grandes o pequeños; rígidos o flexibles (incluso enrollables); en forma de placa, de teja o de ventana; con marco incorporado o no; con soporte orientable mecánicamente o no (a través de sensores se pueden orientar para captar la mayor radiación solar); de distintas tonalidades (negro, azul, pardo, amarillento, etc.). Precisamente debido a esta gran variedad de paneles el rango de precios es muy amplio. Las instalaciones fotovoltaicas se caracterizan por:

- Su simplicidad y fácil instalación.
- Ser modulares.
- Tener una larga duración.
- No requerir mucho mantenimiento.
- Tener una elevada fiabilidad.
- No producir ningún tipo de contaminación ambiental.
- Tener un funcionamiento totalmente silencioso.

Para optimizar un sistema fotovoltaico es necesario calcular correctamente la demanda con el fin de no sobredimensionar la instalación. En primer lugar, la luz solar incide en los paneles o módulos fotovoltaicos formados por un material semiconductor de silicio cristalino que posee efecto fotoeléctrico, es decir, transforma (con un rendimiento aproximado de 18%), la luz solar en energía eléctrica continúa de 12 V. Posteriormente esa electricidad debe acumularse en una batería para disponer de energía durante periodos nocturnos ó de poca irradiación solar (días nublados o con niebla). Entre los paneles solares y la batería es necesario incluir un regulador de carga de modo que cuando la batería esté cargada (por medida de su tensión) el regulador cierre el aporte de energía desde los paneles solares a la batería, para impedir la sobrecarga de ésta y por consiguiente el acortamiento de su vida útil.

Finalmente, la energía acumulada por la batería (en forma de corriente continua) puede emplearse como tal en luminarias y otros equipos, si bien lo más habitual es transformar, por medio de un inversor, la corriente continua en alterna a 117 V y 60 Hz en forma de onda senoidal pura, pudiendo entonces alimentar equipos

como pantallas, focos, refrigeradores, ventiladores, que trabajan con corriente alterna, y que son habituales e imprescindibles para la vida diaria. Básicamente estos sistemas fotovoltaicos constan de los siguientes elementos (figura 1):

- **Sistema de generación fotovoltaico:** Transforma la energía del sol en energía eléctrica y carga las baterías.
- **Sistemas de regulación (Regulador de carga):** Controla la carga de la batería evitando que se produzcan sobrecargas o descargas excesivas que disminuyen la vida útil del acumulador. Puede incorporar un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia, que es un dispositivo que aumenta el rendimiento de la instalación.
- **Sistema de acumulación (Baterías):** Acumulan la energía entregada por los paneles. Cuando no hay generación solar, la electricidad la proporciona directamente la batería y no los paneles.
- **Sistema de adaptación de corriente (Inversor):** La corriente que generan los paneles o entrega la batería es corriente continua y la mayoría de los electrodomésticos que se comercializan, funcionan con corriente alterna. Por este motivo se utilizan inversores que convierten la corriente continua en alterna.

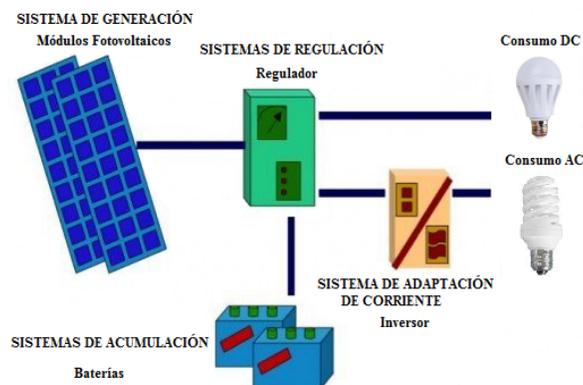


Figura 1 Esquema de un sistema fotovoltaico.

Un sistema fotovoltaico se estima que tiene una vida útil superior a 30 años, siendo la parte más fiable de la instalación. La experiencia indica que los paneles nunca dejan de producir electricidad, aunque su rendimiento pueda disminuir

ligeramente con el tiempo. Por otro lado, las baterías con un correcto mantenimiento tienen una vida aproximada de diez años. Las operaciones de mantenimiento son:

- Los paneles que forman el generador apenas requieren mantenimiento, basta limpiarlos con algún producto no abrasivo cuando se detecte suciedad solidificada.
- El regulador de carga no requiere mantenimiento, pero sí necesita ser revisado para comprobar su buen funcionamiento.
- En las baterías se debe controlar que el nivel de agua del electrolito esté dentro de unos límites aceptables. Para reponerlo se utiliza agua desmineralizada o destilada. Se debe revisar su nivel mensualmente en cada uno de los elementos y mantener los bornes de conexión libres de sulfato. La medida de la densidad del electrolito puede avisar de posibles averías. Actualmente existen baterías sin mantenimiento o de electrolito gelificado que no necesitan reposición de agua.
- El inversor no necesita ningún mantenimiento especial, únicamente debe comprobarse su buen funcionamiento.

2. Métodos

El objetivo principal de esta instalación fue el implementar un sistema de ahorro de energía por medio de una instalación solar fotovoltaica, para demostrar la generación y aprovechamiento de la energía solar a través de paneles solares, así como también lograr el funcionamiento del panel solar, aprovechar la energía limpia generada, dar a conocer la ventajas que tiene la energía solar para el medio ambiente y demostrar que si se puede utilizar la energía solar. La tabla 1 muestra el equipo a utilizar y lista de material para el diseño del panel solar fotovoltaico.

3. Resultados

A continuación se presenta la implementación del panel solar fotovoltaico en la UT de Altamira. Para ello se describe a través de la siguiente secuencia de pasos:

- **Armado.** En esta etapa se procedió a limpiar los tubos de PTR, ya que los tramos se bañan en un tipo de grasa para evitar corrosión por la humedad del ambiente; posteriormente se procedió a tomar medidas de los tramos de PTR ver figura 2, basándonos en un modelo visto en internet y finalmente se realizaron los cortes del mismo para el armado del soporte, ver figura 3. En esta parte se contó con el apoyo de cuatro alumnos de la carrera de TSU en Energías Renovables. Una vez cortados los tramos de PTR se procede al armado del soporte.

Tabla 1 Equipo y material para panel solar fotovoltaico.

Panel fotovoltaico		Batería ciclo profundo	
Especificaciones técnicas: <ul style="list-style-type: none"> • Marca: ENSOL • Modelo: DS-A18-130 • Voltaje: 18 V • Potencia: 130 W • Corriente: 7.22 A 		Especificaciones técnicas: <ul style="list-style-type: none"> • Marca: CALE • Modelo: CL-31T-700 • Voltaje: 12 V • Corriente: 115 Ah 	
Controlador		Lámpara LED	
Especificaciones técnicas: <ul style="list-style-type: none"> • Marca: ENSOL • Modelo: STC20 • Voltaje: 12/24 V • Corriente: 20 A 		Especificaciones técnicas: <ul style="list-style-type: none"> • Voltaje: 12 V • Potencia: 18 W • Corriente: 1.5 A 	
Cable		Gabinete	
Especificaciones técnicas: <ul style="list-style-type: none"> • Calibre: #8 		Especificaciones técnicas: <ul style="list-style-type: none"> • Gabinete metálico. • Panel IP66 • Nema 4/12 Hoffman 50x50x22.5 cm 	Gabinete Intemperie Para Batería y controlador de Carga 
Material mixto		Herramientas y equipo a utilizar	
<ul style="list-style-type: none"> • Pintura (brochas, thinner, etc.) • Tornillería (tuerca, roldana, etc.) • Soldadura (calibre 60/10) • Tubo flexible Licuatite ½ "(con conectores) • Espárrago • Silicón para exterior • Espuma para sellado. • Cinta de aislar 		<ul style="list-style-type: none"> • Martillo • Desarmadores de punta plana y estrella • Llave perica • Arnés • Máquina para soldar • Andamios. 	



Figura 2 Medición de los tramos de PTR, para realizar el soporte del panel solar.



Figura 3 Soldando soporte.

- **Pintura.** En esta etapa del armado solo consistió en pintar el soporte con pintura anticorrosiva (figura 4), para evitar la oxidación de las partes y así retardar su mantenimiento.



Figura 4 Soporte pintado.

- **Instalación de placa.** En la parte superior del poste se procedió a soldar una placa cuya función es soportar la estructura del panel fotovoltaico, ver figura 5.



Figura 5 Soldado de placa para soporte de panel solar.

- **Montaje de soporte para panel solar.** Se montó sobre la placa la estructura que sostendrá al panel solar, esto se logró con la utilización de tornillería quedando fijo al poste, ver figura 6.



Figura 6 Montaje de placa para soporte de panel solar.

- **Desmontaje de lámpara.** Se procedió a desinstalar la antigua lámpara de bombilla que estaba conectado al alumbrado de la escuela, para así poder instalar una lámpara tipo Led, ver figura 7.



Figura 7 Desmontaje de lámpara.

- **Montaje de panel fotovoltaico.** Siguiendo con el procedimiento se puso en marcha la instalación del panel fotovoltaico sobre la estructura del soporte ya instalada, ver figura 8.



Figura 8 Montaje del panel fotovoltaico.

- **Instalación de lámpara tipo Led**

Posteriormente, se procedió a la instalación de la lámpara tipo Led de 12 V, ver figura 9, para lo cual se tuvo que construir un soporte de apoyo para poder colocar la lámpara en el poste, y la colocación de un espárrago para sujetar la lámpara al soporte.



Figura 9 Instalación de lámpara tipo Led.

- **Instalación eléctrica.** En esta etapa, se realizó la instalación eléctrica para conectar la lámpara a la fuente de alimentación de energía, haciendo un enlace entre panel, batería y lámpara; cabe mencionar que todo el cableado de la instalación eléctrica se le colocó un tubo flexible (licuatite) como aislamiento a las condiciones ambientales, figura 10.



Figura 10 Instalación eléctrica del sistema fotovoltaico.

- **Instalación de soporte para gabinete.** Se consiguió acoplar una placa de metal a un costado del poste donde va instalado el sistema fotovoltaico, en dicha placa se colocó el gabinete de la batería y el controlador, ver figura 11.



Figura 11 Gabinete de panel solar.

4. Análisis y discusión

¿Sabías que México es uno de los 5 países en el mundo con mayor atractivo para invertir en energía solar? Y que prácticamente todo el país cuenta con una

excelente radiación, figura 12. Según la CEMAER (Centro de Estudios en Medio Ambiente y Energías Renovables) la energía solar en México está creciendo muy rápido y los expertos consideran que crecerá aun más rápido. Tan sólo en el 2015 las instalaciones de paneles solares crecieron un 100% con respecto al 2014, que tampoco fue un mal año. ¿Cuánta energía solar se instaló durante el 2015? Entre 39 y 48 MegaWatts (MW) en parques solares, 18 y 20 MW en instalaciones comerciales de mediana escala, 28 y 30 MW en instalaciones residenciales, 3 MW en electrificación rural y bombeo de agua y 1 MW en luminarias solares.

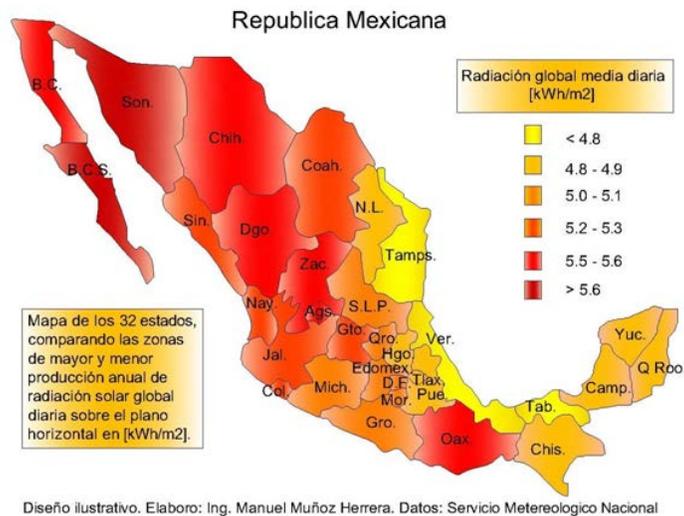


Figura 12 Radiación solar en la República Mexicana..

El gobierno tiene como objetivo principal, reducir las emisiones contaminantes y que un porcentaje de la demanda energética total provenga de energía solar y otras renovables: 25% para el 2018, 30% para el 2021, 30% para el 2024 y 60% para el 2050. Además, el país ahora cuenta con una capacidad de fabricación de paneles solares superior a 1 GigaWatt (GW) (1000 MW), superando por mucho la demanda actual, por lo que ahora muchas compañías están entrando al mercado estadounidense. Los expertos creen que el sector en México, está a punto de entrar en un crecimiento exponencial.

Lo que es ya una realidad en el país son los paneles solares que ha instalado la CFE en Baja California y Baja California Sur en los últimos años, así como el

interés de decenas de empresas por desarrollar proyectos de generación solar en México. Por ejemplo, el Parque Solar “Aura Solar I” en La Paz, Baja California Sur, genera 82 GW por hora al año, suficiente para abastecer de energía a 164,000 habitantes (65% de la población). 131,800 paneles solares policristalinos con seguidores de un eje. Más de US\$100 millones de inversión con una vida útil de 30 años.

Por lo mencionado anteriormente, se demuestra que la generación de energía limpia es una energía en pleno desarrollo, en vista de nuestra preocupación actual por la preservación del medio ambiente y por la crisis de energías agotables que están afectando a todo el mundo. Y que en nuestro país se está invirtiendo en el uso de este tipo de energía. Todos podemos participar en una mejor utilización de esta energía ya que es renovable y es natural, si seguimos aprovechándola y cuidándola podremos llegar a tener mucho ahorro de energía utilizándola cada vez para más actividades eléctricas y una vida más fácil y económica con menor impacto ambiental. A continuación se describe las pruebas finales que se hicieron en la instalación del panel solar.

Pruebas del sistema

Al tener completa la instalación del sistema del panel solar, se procedió a la realización de pruebas para asegurar el buen funcionamiento de todas las partes del sistema, para lo cual se llevaron a cabo pruebas de voltaje (figura 13), continuidad, corriente, lo cual dio como resultado que la instalación fuera correcta.



Figura 13 Pruebas de carga de batería y del sistema de panel solar.

Instalación final

Y por último, la figura 14 muestra como quedó armado el panel solar de día y funcionando en la noche.



Figura 14 Instalación final del panel solar en la UT de Altamira.

5. Conclusiones

El poder diseñar, implementar e instalar un sistema de generación de energía solar fotovoltaica en la UT de Altamira, ayudó a los alumnos aprender más sobre este tipo de tecnología de energía alternativa. Los beneficios en la utilización de paneles solares fotovoltaicos son los siguientes: La energía solar está siempre disponible; se genera energía renovable y limpia; la duración de este tipo de sistema es de aproximadamente 30 años a su máxima eficiencia; la inversión de un sistema solar fotovoltaico puede ser recuperada de 3 a 5 años, por lo que se generará energía prácticamente gratis durante el resto de la vida del sistema; su mantenimiento es de bajo costo; no emite gases peligrosos; no contamina el aire; no contribuye al calentamiento global y su instalación es sencilla.

Concluimos diciendo, que es solo el inicio de este tipo de proyectos, ya que en el futuro se contempla la posibilidad de su utilización en todas las luminarias, en las

aulas de clases y usarse como proyecto muestra para el uso de energías renovables para otras escuelas, o empresas visitantes. La Universidad dando los primeros pasos hacia ser una institución ecológicamente responsable y sustentable.

5. Bibliografía y Referencias

- [1] Almanza, R. y Muñoz- Gutiérrez, F. (2003). "Ingeniería de la energía solar". Serie Ingeniería. Editorial. Cromocolor. México. 418 pp.
- [2] Miguel Ángel Sánchez Maza (2010). *Energía Solar Fotovoltaica*, México. LIMUSA.
- [3] Arivilca, R., Orbegozo, C. (2010). *Energía Solar Fotovoltaica. Manual técnico para instalaciones domiciliarias*.
- [4] Arena, D., Zapata, H. (2011). *La energía solar y sus aplicaciones. Memoria para optar al Título de Tecnólogo en Electricidad, Facultad de Tecnología, Universidad Tecnológica de Pereira, Pereira, Colombia*.
- [5] Enseñat, J., Martínez, C. (2007). *Energía Solar Térmica y Fotovoltaica, en el marco del Código Técnico de la Edificación*. Ayuntamiento de Pamplona.
- [6] Galeano Bate, S. (2014). *Beneficios de la utilización de energía solar en la Escuela Básica N°4765 de la comunidad indígena La Promesa en el departamento de Presidente Hayes. Artículo presentado en Congreso Iberoamericano de Ciencia, Tecnología, Innovación y Educación*.
- [7] Revista Digital Energiza (2013). Información de Web basada en "Paneles fotovoltaicos: Conceptos y tipos". <http://www.energiza.org/solar-fotovoltaica/22-solar-fotovoltaica/627-paneles-fotovoltaicos-concepto-y-tipos>.
- [8] Ecoesfera (2015). Ana Paula de la Torre. Información de Web basada en "México es el 3er país más soleado del mundo (pero produce mínima energía solar)". <http://ecoosfera.com/2014/09/mexico-es-el-3er-pais-mas-soleado-del-mundo-pero-produce-minima-energia-solar/>.
- [9] CEMAER (2015). Información de Web basada en "Energía Solar en México". <http://www.cemaer.org/energia-solar-en-mexico/>.

- [10] Instituto Politécnico Nacional (2013). 4^o Congreso Internacional de Energías Alternativas. Web basada en “Energía Solar: Fotovoltaica y Fototérmica” http://www.coordinacionredes.ipn.mx/redesip/rener/Paginas/Lineas%20de%20investigacion/Energia_Solar_Fotovoltaica_Fototermica.aspx.
- [11] Sun Fields. Web basada en “Tutorial para el dimensionado de sistemas fotovoltaicos aislados/autónomos – Parte I”. <https://www.sfe-solar.com/suministros-fotovoltaica-aislada-autonoma/manual-calculo/>.
- [12] http://www.agenergia.org/files/resourcesmodule/@random49914e4ed9045/1234262332_aprovechar_energia_FV_itc_05.pdf.
- [13] Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, AeroNáutica de Terrassa, Universidad Politécnica de Catalunya. “La Energía Solar Fotovoltaica”. <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/7538/Anexo%20II%20-%20La%20energ%20a%20solar%20fotovoltaica.pdf?sequence=3>.